L. Birkenma[...]
ab authore

Über die Bahnen

der am 11. Dezember 1852 und am 3. Dezember 1861
in Deutschland beobachteten hellen

Meteore.

Bearbeitet

von

B. Buszczynski,
cand. phil.

Halle a. S.
Druck und Verlag von H. W. Schmidt.
1886.

Die nachfolgenden Berechnungen, welche ich mit einigen Unterbrechungen in den verflossenen Jahren 1883—85 neben meinen Funktionen als Assistent bei der Sternwarte in Breslau ausgeführt habe, beziehen sich auf zwei Meteore, deren terrestrische Bahnen innerhalb der Atmosphäre zwar schon damals bald nach ihrer Erscheinung berechnet worden sind, von denen jedoch eine Neuberechnung nach den inzwischen verbesserten Methoden und unter Hinzufügung einer Ermittelung der kosmischen Bahn angezeigt und wünschenswert erschien.

Was zunächst das Meteor betrifft, welches am 11. Dezember 1852 um 8 Uhr Abends mittl. Bresl. Zeit über das mittlere und südöstliche Deutschland hinzog, so wurde dasselbe von so vielen Beobachtern wahrgenommen, dafs es der Sternwarte in Breslau für eine Berechnung der Bahn desselben der Mühe wert erschien, die in den Zeitungen darüber erfolgten Mitteilungen zu sammeln und zu fernerer Einsendung genauerer Beobachtungen eine Aufforderung zu veröffentlichen. Es ist dieser von verschiedenen Seiten her entsprochen worden, sodafs Herr Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Galle über den Lauf desselben innerhalb der Atmosphäre und über die Gegend des Zerspringens und mutmafslichen Niederfallens von Meteoritenstücken eine annähernde Rechnung schon damals ausführen konnte. Die betreffende Beschreibung der Erscheinung selbst, sowie der terrestrischen Bahnverhältnisse befindet sich im 52. Jahrgange der Publikationen der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Kultur.*) 20 Jahre später hat Herr Geheimrat Galle eine neue ausführliche mathematische Theorie **) veröffentlicht, nach welcher die wahrscheinlichsten Bahnen heller Meteore genauer und unter Zusammenfassung aller vorhandenen Beobachtungen bestimmt werden können. Auf Anregung desselben habe ich nach dieser vollständigen und systematischen Theorie eine Neuberechnung dieses hellen Meteors sowie eines andern, ebenfalls Dezember-Meteors, unternommen. Auch habe ich das Beobachtungsmaterial um mehrere glaubwürdige Beobachtungen vermehrt, welche erst später bekannt gemacht worden sind.

Die Berechnung der Bahnen von kosmischen Meteoren zerfällt in zwei mathematische Teile. Der erste Teil hat die Aufgabe, aus den Beobachtungen eines Meteors die Bahn zu finden, die dasselbe innerhalb unserer Atmosphäre beschrieben hat, also die

*) 31. Jahresbericht der Schles. Gesellschaft für vaterl. Kultur, Breslau. pag. 187 u. folg.
**) Astronomische Nachrichten, Bd. 83, pag. 321—350.

Punkte zu bestimmen, wo es in die Atmosphäre eingetreten und wo es, nachdem es dieselbe durchlaufen, erloschen ist, ferner die Orte auf der Erdoberfläche zu finden, über denen das Meteor begonnen und geendet hat, endlich die Höhe und den Neigungswinkel der Bahn gegen die Erdoberfläche, sowie die Richtung zu fixieren, von welchem Punkt des Sternenhimmels das Meteor herkam und wohin die Bahn gerichtet war. Der erste Teil behandelt somit die terrestrische Bahn.

Der zweite Teil beschäftigt sich mit der Berechnung der Bahn im Weltraume. Ist die terrestrische Bahn gefunden, kennt man weiter die Geschwindigkeit des Meteors und den Richtungspunkt, so sind damit die Grundlagen für die Berechnung der kosmischen Bahn gegeben. Man ist dann im Stande, den Kegelschnitt zu berechnen, welchen das Meteor im Weltraume beschrieb, ehe es mit der Erde zusammenkam.

Ehe ich zur Berechnung der Bahnen selbst übergehe, sei über diese Art von Himmelskörpern Folgendes erwähnt. Dafs sämtliche Meteore nicht in der Erdatmosphäre entstehen, sondern aus dem Weltenraum zu uns kommen, ist zu einer allgemein bekannten und vollgültigen Thatsache geworden. Erst in unserem Jahrhundert wurde festgestellt, dafs diese Körper an sich dunkel sind, erst durch den Umstand glühend und leuchtend werden, dafs sie mit planetarischer Geschwindigkeit in die Erdatmosphäre eindringen, die Luft vor sich stark komprimieren und schliefslich, durch letztere gehemmt, auf die Erde als Meteoriten herabfallen können. Genauere Messungen über ihre Höhe und Geschwindigkeit wurden zuerst von Brandes und Benzenberg gemacht im Jahre 1798 und es erregte grofses Interesse, als diese beiden Forscher feststellten, dafs die Sternschnuppen mit einer Geschwindigkeit von 4 bis 8 geogr. Meilen in 1 Sekunde sich in bedeutender Höhe fortbewegten. Brandes wiederholte später in Breslau diese Versuche, indem er in ganz Schlesien korrespondierende Beobachtungen in's Werk setzte. Die gefundenen grofsen Höhen in der Erdatmosphäre, die weit über die gewöhnliche Annahme der Höhe der Erdatmosphäre hinausgingen, gaben der kosmischen Hypothese neue Stützpunkte.

Nachdem Chladni, Howard, Laplace, Olbers und Andere durch Sammeln und chronologisches Ordnen historischer Beläge, durch geometrische Messungen und Berechnungen, durch chemische Analysen und freie Aussprache ihrer Meinungen, das Gebiet dieses meteorologischen Problems erweitert hatten, erschienen später die interessanten Sammlungen A. v. Humboldt's, seine umfassenden historischen Notizen von der ältesten bis zur neuesten Zeit, nebst seinen darauf gegründeten Ansichten.*)

*) Kosmos Bd. I pag. 121—135. Anmerkungen pag. 393—404.

Die ausschliefslich den kosmischen Ursprung verteidigende Hypothese von Chladni, die mit den beim Fallen von Meteorsteinen stattfindenden Erscheinungen und mit ihrer chemischen Zusammensetzung im Einklange steht, fand immer mehr Eingang. Chladni suchte darzuthun, dafs Feuerkugeln weder aus Stoffen unserer Atmosphäre noch aus Nordlichtmaterien herrühren, noch durch tellurische Kräfte bis zu solchen Höhen emporgeworfene dichte Massen seien, sondern dafs der Stoff zu ihrer Formation im Weltenraume vorhanden gewesen und nur von ihm aus auf unseren Planeten angelangt sein könne.*)

Einen wesentlichen Fortschritt in der Kenntnis dieser Körper brachten die Jahre 1836 und 1837, in welchen Olbers und Andere gleichzeitig und von einander unabhängig auf die periodische Wiederkehr zahlreicher Sternschnuppen um den 10. August aufmerksam wurden und dafs aufser dem Sternschnuppenfall vom Jahre 1833, der mit dem im Jahre 1799 von A. v. Humboldt beobachteten im Zusammenhange steht, noch ein zweiter Strom existiere, durch den die Erde an dem genannten Tage sich hindurchbewege. Man machte verschiedene Hypothesen über diese Ströme, ohne zu einem Resultate zu kommen; es hatte dies jedoch Anlafs gegeben, dafs die Astronomen nunmehr mehr Aufmerksamkeit diesen Erscheinungen zuwandten. Trotzdem blieb es sehr schwierig, etwas Genaues festzustellen, weil die Geschwindigkeit der Sternschnuppen sich nicht genau bestimmen liefs, obwohl man die Richtung derselben annähernd kannte. Da trat im Jahre 1866 ein bedeutender und entscheidender Fortschritt in der Kenntnis dieser Himmelskörper ein durch die geistvollen Forschungen von Schiaparelli in Mailand. Dieser fand durch eine sehr scharfsinnige Methode ein Mittel, die durchschnittliche Geschwindigkeit der Sternschnuppen festzustellen. Er ermittelte, dafs diese gröfser sei als die der Erde und zwar im Verhältnis von $\sqrt{2}:1$. Da die Geschwindigkeit der letzteren fast 4 geogr. Meilen in 1 Sekunde beträgt, so ergiebt sich für die Sternschnuppen eine Geschwindigkeit von beinahe 6 geogr. Meilen in 1 Sekunde, und dies ist die Geschwindigkeit von Körpern in der Nähe der Erde, die sich in einer Parabel oder in einer dieser nahe kommenden Ellipse um die Sonne bewegen, also von Kometen.

Da man nun annähernd die Geschwindigkeit der Sternschnuppen und aufserdem die Richtung derselben kannte, so war man im Stande, die Bahn der August-Sternschnuppen zu berechnen. Es ergab sich das merkwürdige Resultat, dafs diese August-Sternschnuppen in ihrer Bahn mit dem III Kometen des Jahres 1862 übereinstimmten. Ebenso fand Schiaparelli, als er die Bahn der November-Sternschnuppen berechnete, dafs dieselbe identisch sei mit der Bahn des I Kometen von 1866.

---

*) Gilbert, Annalen der Chemie u. Physik XIII, pag. 350—357.

Diese Entdeckungen gaben nunmehr der kosmischen Hypothese vollständige Gewifsheit. Man kam dahin, die Sternschnuppen als nachfliegende Partikel von Kometen zu erklären, welche, wenn die Erdbahn die Kometenbahn durchschneidet, in die Erdatmosphäre eindringen. Man verglich nun sämtliche nahe an der Erde vorbeikommenden Kometen und fand unter Anderem, dafs die April-Sternschnuppen in ihrer Bahn mit dem I Kometen von 1861 übereinstimmten, ferner dafs der Sternschnuppenfall vom 27. November 1872 und 1885 mit dem Biela'schen Kometen zusammenhing.

Nach diesen historischen Bemerkungen gehe ich zur Aufgabe selbst über. Aufser den früheren Theorieen zur Berechnung der Höhe und der Bahn der Sternschnuppen von Olbers, Brandes und besonders von Bessel, haben sich in neuerer Zeit mehrere Astronomen wie Heis, Schmidt, Klinkerfues, Galle und Andere mit diesem Gegenstande beschäftigt. Die Einführung und Berechnung des Radiationspunktes ist es ganz besonders gewesen, der der weiteren Forschung eine Wendung gegeben hat. Durch Einführung des Radiationspunktes läfst sich die Rechnung einfacher und besser gestalten und zwar so, dafs man aus beliebig vielen Beobachtungen das wahrscheinlichste Resultat zieht, ferner das Gewicht der einzelnen Beobachtungen benutzt, und die Fehler, die das Endresultat noch etwa in sich schliefst, mit Hülfe der Wahrscheinlichkeitsrechnung korrigiert. Ich bin bei der Berechnung der Bahnen der beiden Meteore vom 11. Dezember 1852 und 3. Dezember 1861 der strengen mathematischen Methode von Galle im 83. Bande der Astronomischen Nachrichten Seite 321—350 gefolgt, die eine übersichtliche und höchst vorteilhafte Anordnung der ganzen Untersuchung bietet. Die ganze Aufgabe der terrestrischen Bahnberechnung ist in eine Reihe einzelner Teile zerlegt, vermöge deren die wahrscheinlichsten Werte der unbekannten Gröfsen und ihre wahrscheinlichen Fehler ermittelt werden können. Von grofser Bedeutung sind noch bei dieser Methode die Controllgleichungen und die gleichzeitige Aufsuchung der etwa vorgekommenen Rechnungs- wie Beobachtungsfehler.

I. Das Meteor vom 11. Dezember 1852.

1. Die Beobachtungen.

Das eingegangene Beobachtungsmaterial ist sehr umfangreich. Da ich die damals von Herrn Geheimrat Galle gesammelten Originalberichte über diese Erscheinung sämtlich empfangen habe, aufserdem noch eine grofse Menge sorgfältig gesammelter Zeitungsnachrichten aus verschiedenen Provinzblättern, so glaube ich aus diesen Gesamtbeobachtungen das möglichst beste Resultat erzielt zu haben. Auch habe ich noch mehrere sehr glaubwürdige Beobachtungen in Heis' Wochenschrift für Astronomie aufgefunden, welche erst später veröffentlicht worden sind. Die Nachrichten rühren zum grofsen Teil von Männern her, die sich mehr oder

weniger mit astronomischen Wissenschaften beschäftigten, die mit dem gestirnten Himmel somit auch genügend bekannt waren. Unter den gesammelten Nachrichten und Beschreibungen des Meteors sind auch viele, welche feste Data für die Bahnbestimmung nicht geben, die aber durch die Beschreibung der Richtung, Dauer, Lichterscheinung, Schallintensität u. s. w. eine Bestätigung der anderen Beobachtungen liefern. Es sei hier das Wesentliche aus den Beobachtungen möglichst wörtlich zusammengestellt.

1) Breslau. ($\varphi = 51^\circ 7'$, $\lambda = 34^\circ 42'$).*) Herr Melzer berichtet über diese Erscheinung: Als sich der erste Lichtschein der Feuerkugel zeigte, eilte ich auf meinem Observatorium an's offene Fenster und sah, dafs die mondgrofse Feuerkugel in höchst intensivem hellblauen Lichte zischend bei Alamak durch das Medusenhaupt nach den Plejaden ging und zwischen diesen und den Hyaden erlöschte; sie hinterliefs einen sehr hellen Schweif mit unzähligen Feuerfunken, die in Zeit von 3 bis 4 Sekunden verschwanden. In ungefähr 40—45 Sek. hörte ich einen dumpfen Knall und ein langes dumpfes Rollen wie fernen Donner. Das Licht war so stark, dafs man in einiger Entfernung die Dachziegel hätte zählen können.

2) Breslau. Herr D. Letzner, der mit 2 andern Herrn sich zu dieser Zeit um 8 Uhr Abends vor dem Sandthore befand, machte die folgende Beobachtung: Etwa 1 Minute nach dem Schlagen der Turmuhren wurde unser Gespräch unterbrochen, indem zu unserer Linken eine ungewöhnliche Helle unsere Aufmerksamkeit und unsere Blicke, die dem Sternbilde des Bären zu gerichtet gewesen waren, auf sich zog. Dabei bemerkten wir in der Richtung von West-Nord-West circa 25° über dem Horizonte einen leuchtenden Körper, der sich nach OSO. hin bewegte und zwar so, dafs es den Anschein hatte, als ob das Fortbewegen ein fortwährendes Steigen in schiefer Richtung wäre und sein Weg eine gerade und keine gebogene Linie sei. Ungefähr 20° südlich von unseren Köpfen ging der leuchtende Körper durch unsere Mittagslinie, worauf er seinen Weg noch 30° fortsetzte und dort auf dem höchsten Punkte seiner Bahn angelangt, plötzlich endete. Das Ganze war von der Art, dafs wir der festen Ansicht waren, kein Meteor, sondern eine Leuchtkugel vor unseren Augen zu haben. Der leuchtende Körper, etwa die Hälfte einer Vollmondsscheibe grofs, hatte ganz den Glanz, den eine in der Nähe gesehene Leuchtkugel hat; hinter ihm bemerkte man einen leuchtenden Schweif, etwa 3 Vollmondsbreiten lang, der aber später kürzer zu werden schien und vielleicht nur optische Täuschung war. Nach einiger Zeit wurde das grünlich-blaue Licht plötzlich zu einem mattroten, gerade so, wie es bei Leuchtkugeln häufig und in stärkerem Grade

*) φ bedeutet hier und im Folgenden die nördliche Breite, λ die östliche Länge von Ferro.

zu sehen ist, und in diesem Augenblicke fielen mehrere grofse Funken von rötlicher Farbe senkrecht herab, die jedoch bald wieder erloschen waren und dem verstreuten Pulver einer Leuchtkugel glichen. Später wurde das rötliche Licht wieder zu einem weifslichen und das Ende schien ein Erlöschen in sich selbst, ganz plötzlich am höchsten Punkte des Laufes, wobei abermals mehrere grofse Funken herabfielen, die jedoch ebenfalls sehr bald erloschen waren. — Die Zeit, in der die Erscheinung sichtbar war, dürfte mehrere Sekunden betragen haben und unsere Augen blieben die ganze Zeit hindurch unausgesetzt auf das Meteor gerichtet und begleiteten dasselbe also bis zu seinem Ende. Ein Geräusch wurde nicht vernommen.

3) Patschkau. ($\varphi = 50^{\circ} 27'$, $\lambda = 34^{\circ} 43'$). Diese von Herrn Rud. Bischoff eingesendete Nachricht besteht zum gröfseren Teile in einer Zeichnung nach Sternbildern. Man sah dort das Meteor zwischen dem Polarstern und dem grofsen Bär hindurch nach Osten zu sich bewegen, nahe an dem Sterne Dubbhe vorüber. Nach dieser Zeichnung habe ich die Azimute und Höhen sowohl für den End- als auch für den Anfangspunkt entnommen. „Die Gröfse des Meteors bei seinem Verschwinden erschien mir beinahe wie $^{1}/_{5}$ der Mondgröfse. Das Licht, welches der Schweif verbreitete, war so hell und blendend, dafs es für Blitz gehalten worden ist. Ich habe 8 Sekunden gezählt vom Erscheinen bis zum Verschwinden". Später wurde noch ein Sternschnuppenfall von mindestens 15 Sternschnuppen in ungefähr 5 Minuten beobachtet. Ein Knall oder donnerartiges Getöse wurde nicht gehört; dagegen schien das Meteor während seines Laufes einzelne Funken abgegeben zu haben.

4) Leipzig. ($\varphi = 51^{\circ} 20'$, $\lambda = 30^{\circ} 2'$). „Am 11. Dezember 7 Uhr 40 bis 45 Min. Abends fiel eine Feuerkugel von vorzüglichem Glanze. Sie mochte im Zenit etwa im Perseus entstanden sein; ich gewahrte sie bei ungefähr 65° Höhe, sie fiel perpendikulär nach dem Horizonte durch die Sternbilder Perseus, Fuhrmann (südlichste Spitze) und Stier und zersprang im Orion. Ihr Lauf war von mäfsiger Geschwindigkeit, anfangs gleichmäfsig, kurz vor dem Zerspringen schlängelnd; die Kugel schien zu wirbeln, ihre scheinbare Gröfse $^{1}/_{4}{}^{\circ}$ bis $^{1}/_{2}{}^{\circ}$. Die Farbe des Meteors war anfangs schwefelgelb und zog sich später in das smaragdgrüne; die Leuchtkraft ähnlich der des Mondes im ersten Viertel, die Farbe der beleuchteten Gegenstände schwefelgelb, das Licht zuckte blitzartig auf, verblafste auf halbem Wege und zuckte zum zweiten Male lebhaft. Das Zerspringen selbst geschah in unzählige grüne Funken, ein Schall nach demselben wurde nicht gehört. Einen eigentlichen Schweif zeigte das Meteor nicht, doch hinterliefs es auf seinem Laufe einen roten Schein von kurzer Dauer. Waren erst schon einzelne Sternschnuppen sichtbar, so folgte nun ein förmlicher Regen dieser Meteore; sie gingen meist vom Bären,

Perseus und Drachen aus und durchfurchten den Himmel nach jeder Richtung".

5) Erlangen. ($\varphi = 49°36'$, $\lambda = 28°42',5$.) Herr C. F. Pape sah das Meteor 7 Uhr 38 Min. mittl. Erl. Zeit auf völlig freiem Felde und berichtet darüber: „Ich war gerade mit der Beobachtung der ziemlich zahlreichen Sternschnuppen beschäftigt, als ich plötzlich einige Grade links von $\varkappa$ ursae maj. etwa in 139° A. R. und + 48° Dekl. eine Feuerkugel im prachtvollsten Glanze aufleuchten sah. Sie zog ziemlich langsam in stets wachsender Lichtstärke dem östlichen Horizonte zu und zerteilte sich plötzlich ohne Detonation in mehrere einzelne Stücke, die nun getrennt ihren Lauf noch etwas weiter fortsetzten, unterhalb Pollux in 120° A.R. und + 21° Dekl. Veränderungen der Farbe wurden wahrgenommen ganz ähnlich wie in Leipzig; die Lichtstärke des Meteors war so beträchtlich, dafs die ganze Umgegend plötzlich auf das Hellste erleuchtet wurde. Die Dauer der Erscheinung betrug 8 bis 10 Sekunden, den Durchmesser der Kugel schätze ich auf höchstens 6'; einen Schweif konnte ich nicht wahrnehmen".

6) Pegau. ($\varphi = 51°10'$, $\lambda = 29°55'$.) Herr cand. Knol[1] und Herr Kühn sahen kurz nach $7^3/_4$ Uhr in der Nähe von Pegau, auf freier Strafse, am Osthimmel eine im köstlichsten Brillandfeuer strahlende Feuerkugel mit blendendem bläulichen Lichte, wie sie eben am linken Fufse des Orion ganz langsam in etwas zitternder Bewegung sich herabsenkte, ihren Weg sprühend mit roten Funken schweifartig bezeichnete, und ebenso plötzlich, wie sie gekommen, in vollem Lichtglanze verschwand, ohne die Erde erreicht zu haben, oder durch einen irdischen Gegenstand verdeckt zu werden. An Gröfse und Glanz glich sie vollkommen einer Leuchtkugel. Ihre senkrechte Bewegung war so langsam und ihr Weg, den sie während ziemlich langer Zeit zurücklegte, so kurz, dafs wir uns der Vermutung hingaben, ihre Richtung sei mehr eine wagerechte gewesen".

7) Grenzdorf bei Wigandsthal, am Fufse der Tafelfichte. ($\varphi = 50°57'$, $\lambda = 32°57',5$). Herr Lehrer Leeder und Andere berichten Folgendes: „Abends den 11. Dezember, kaum 3 Minuten vor 8 Uhr erhellte ein plötzliches, grelles Licht unsere Gegend und zu gleicher Zeit erblickte man in einer scheinbaren Höhe von c. 180 Fufs über unserem Horizonte eine Feuerkugel mit einem Durchmesser von beinahe einem halben Fufs. Sie schien den Anfang ihres Laufes in der Nähe der Sterne γ und β im kleinen Bären zu nehmen, erreichte unweit vor Alamak in der Andromeda, ungefähr im Schwerte des Perseus, den höchsten Glanz, änderte hierauf ihre Richtung und schofs mit rapider Schnelligkeit an den Plejaden und Hyaden vorüber, bis sie in der Nähe von Beteigeuze im Orion verschwand, c. 80' über unserm Horizont. Sobald sie die gröfste Helligkeit erreicht und eine andere Richtung

angenommen hatte, dann erst bildete sie einen langen Schweif, der, indem die Kugel kleinere Dimensionen annahm, aus dem glühend roten Umfange des Feuerkernes entstand, indem der Widerstand der Luft die leicht trennbaren, glühenden Teilchen wie Funken unter mannigfachem prachtvollem Farbenspiel abzustreifen schien. Kurz vor dem gänzlichen Verschwinden des Meteors löste sich der Schweif vom Kerne ab. Dieses merkwürdige Phänomen war mit einem starken Zischen begleitet, aber ein gröfseres Geräusch oder ein Prasseln konnte nicht wahrgenommen werden. — An demselben Abend wurden nachts $11^3/_4$ bis 12 Uhr drei andere, doch bedeutend kleinere Feuerkugeln beobachtet, von denen die erste am südwestlichen Himmel von S. nach N., die zweite am nordwestlichen Himmel von NW. nach SO. und die dritte ebendaselbst von W. nach O. erschien. Ebenso fielen um dieselbe Zeit mehr denn 14 Sternschnuppen, von denen mehrere sich gabelförmig zu teilen schienen“.

8) Görlitz. ($\varphi = 51^\circ 9',2$, $\lambda = 32^\circ 39'$). Man sah die Feuerkugel in etwa 30° Höhe im OSO. zerspringen, was ein prachtvolles Schauspiel gewährte, indem der dunkelblaue Körper beim Zerspringen Tausende von feurigen Funken in den dunkeln Horizont versprühte.

9) Brieg. ($\varphi = 50^\circ 51',6$, $\lambda = 35^\circ 9',5$). Abends 8 Uhr erhob sich ein sehr hell leuchtendes Meteor aus dem Sternbilde des Schwans bis fast in das Zenit zur Cassiopeja, unter mehrfach wechselndem Lichte, das mehrmals so hell war, dafs es deutliche Schatten warf. Es blendete so stark, dafs die auf dem beschriebenen Wege zurückbleibenden vereinzelten Funken erst bemerkt werden konnten, als das Meteor unter sehr hellem Aufleuchten verschwunden war. Dauer 2 bis 3 Sekunden. Durchmesser mehr als zweimal der der Venus.

10) Glatz. ($\varphi = 50^\circ 26',3$, $\lambda = 34^\circ 19',2$.) Herr Dr. Finger hat selbst das Meteor nicht beobachtet; nach dortigen Angaben würde dasselbe zuerst in einer Höhe von 45°—50° unter 140° Azimut, zuletzt unter 35° Höhe und 190°—195° Azimut gesehen worden sein. Doch ist weder Anfang noch Ende der Erscheinung beobachtet worden.

Aufserdem wurde das Meteor noch an sehr vielen Orten, besonders Schlesiens, beobachtet. Da aber die betreffenden Notizen für die Rechnung selbst nichts Erhebliches enthalten, so habe ich dieselben zur teilweisen Bestätigung, Vergleichung und Ergänzung den Rechnungsresultaten kurz beigefügt.

2. Die Berechnung der terrestrischen Bahn.

Bei den meisten Beobachtungen von Meteoren ist es immer der Endpunkt oder Hemmungspunkt, der im Allgemeinen sicherer als der Anfangspunkt oder irgend ein anderer Punkt sich bestimmen läfst. Es ist daher zweckmäfsig, die Aufgabe der Bahnberechnung

mit der Berechnung des Endpunktes zu beginnen und dessen Lage zunächst zu fixieren. Hat man dies erreicht, so vereinfachen sich dadurch die weiteren Aufgaben, aus allen Beobachtungen die wahrscheinlichste Bahn herzuleiten, bei jeder einzelnen Beobachtung den Grad ihrer Genauigkeit zu berücksichtigen und die wahrscheinlichen Fehler der gefundenen Resultate kennen zu lernen. Die ganze Aufgabe zerfällt auf diese Weise in nachstehender Reihenfolge in 7 besondere Abschnitte.

I. Die Bestimmung der geographischen Lage des Endpunktes der Bahn. Diese kann ermittelt werden 1) durch direkte Erkundigung des Ortes, wo das Meteor im Zenith stand, als es gehemmt wurde; 2) durch das Nachforschen des Niederfallpunktes von Meteoritenstücken; 3) durch Berechnung aus beobachteten Azimuten des Endpunktes. Ich habe bei meiner Berechnung die letztere Methode anwenden können, obwohl der Ort, über welchem das Meteor im Zenit gehemmt wurde, auch als ziemlich genau beobachtet gelten kann. Es wird somit in diesem Falle die eine Methode durch die andere geprüft werden können. Annähernd kann man übrigens diese Aufgabe durch die beobachteten Azimute lösen, indem man auf einer Landkarte von den beiden Beobachtungsorten aus nach den beobachteten Richtungen gerade Linien zieht. Der Schnittpunkt dieser wird den Ort annähernd bezeichnen, über welchem das Meteor im Zenit gehemmt wurde.

Indem ich die dritte strengere Methode angewandt habe und dabei der oben citierten Abhandlung von Galle in Band 83 der Astronomischen Nachrichten gefolgt bin, habe ich für die Bestimmung der geographischen Lage des Endpunktes die 9 ersten Beobachtungen benutzen können, aus denen sich die folgenden Azimute ergaben:

1) 298°	2) 322°	3) 228°
4) 285	5) 248	6) 293
7) 283,5	8) 292,5	9) 112.

Mit diesen wurden nach den an dem genannten Orte angegebenen Formeln und nach der daselbst gewählten Bezeichnung die N und J, ferner die Coeffizienten n, a, b bestimmt. Es ergaben sich dabei nach Anbringung der entsprechenden Gewichte die folgenden Bedingungsgleichungen:

$$0 = -0{,}5542 + 0{,}0053x + 0{,}8322y$$
$$0 = -0{,}0966 - 0{,}0937x + 0{,}2107y$$
$$0 = -0{,}1183 + 0{,}2191x + 0{,}0225y$$
$$0 = -0{,}1508 + 0{,}0384x + 0{,}1956y$$
$$0 = -0{,}3005 + 0{,}3338x + 0{,}2198y$$
$$0 = -0{,}2886 + 0{,}0028x + 0{,}4082y$$
$$0 = -0{,}6126 + 0{,}2149x + 0{,}7605y$$
$$0 = -0{,}1448 + 0{,}0165x + 0{,}2030y$$
$$0 = +0{,}5854 - 0{,}1079x - 0{,}8037y$$

Diese Gleichungen nach der Methode der kleinsten Quadrate aufgelöst geben für x und y die Werte:

$$x = 0{,}4661 \qquad y = 0{,}6700$$

und somit für die geographische Lage des Endpunktes:

$$\varphi = 50^{\circ}\,46',8$$
$$\lambda = 34^{\circ}\,49',6.$$

Es liegt dieser Ort $2^{3}/_{4}$ geogr. Meilen west-süd-westlich von Brieg in Schlesien, in der Nähe von Strehlen und Wansen. Aus Strehlen wird berichtet, dafs das Meteor am westlichen Horizonte aufstieg, sich von West nach Ost bewegte und zerplatzte, als es das Zenit erreichte. Diese geographische Lage habe ich auf einem andern Wege bestätigt gefunden, indem ich einzelne Beobachtungen durch verschiedene Kombinationen für die Rechnung benutzte. Bestätigt wird aufserdem die Lage dieses Ortes durch die gehörten Schallerscheinungen. Viele weit entfernte Beobachter hörten nichts oder nur eine schwache Detonation, andere dem Herde der Hemmung offenbar näher stehende Beobachter vernahmen mehrere Knalle ähnlich dem eines Kanonendonners. Die starke Detonation und die heftigen Knalle sind ein evidentes Zeichen, dafs die Feuerkugel nicht weit von dem berechneten Orte ihr Ende erreicht haben mufste. Die meisten Angaben über das Meteor, welche sich auf die Himmelsgegenden beziehen, stimmen mit nur sehr wenigen Ausnahmen, die auf Irrtümern beruhen mögen, vollständig überein. Als weiterer Beweis der Richtigkeit der Entfernung des gefundenen Endpunktes von den einzelnen Beobachtungsorten gelten aufserdem noch die angegebenen verstrichenen Zeiten zwischen der Licht- und Schallerscheinung. So giebt Herr G. v. Boguslawski in Breslau die Zwischenzeit zwischen der Lichterscheinung und dem Schalle zu 2 Min. 20 Sek., Herr Günther, ebenfalls in Breslau, zu 2 Min. 30 Sek. an; Herr v. d. Berswordt auf Schwierse bei Oels beobachtete, wie der blitzartigen Erscheinung nach 1 bis 2 Minuten ein langer 8 Sek. anhaltender Donner folgte. Ein Lehrer in Dommerau bei Charlottenbrunn behauptet, etwa 5 Min. nach dem scheinbaren Zerplatzen 2 dicht auf einander folgende donnerähnliche Erschütterungen entfernt wahrgenommen zu haben. Dasselbe behaupten mehrere Gebirgsbewohner. Den beiden letzten Beobachtungen ist jedoch nicht dasselbe Gewicht beizulegen, wie den beiden zuerst erwähnten. Nimmt man die Geschwindigkeit des Schalles in 1 Sekunde zu 332,15 m, so würde hiernach die Entfernung des Hemmungspunktes von Breslau 6,2 bis 6,6 geogr. Meilen betragen, was mit meiner aus den Azimutalbeobachtungen gefundenen Entfernung gut übereinstimmt. Herr Geheimrat Galle hat bei seiner annähernden Berechnung im Jahre 1853 für die Lage des Hemmungspunktes einen Ort zwischen Brieg und Ohlau gefunden.*) Einen anderen Ort fand annähernd Herr C. F. Pape

*) 31. Bericht der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Kultur.

aus Erlangen.*) Er giebt als Endpunkt den Ort einige Meilen nördlich von Bunzlau in Böhmen an. Es mag diese Abweichung zum gröfseren Teil in der allzu geringen Anzahl (3) von Beobachtungen und Bestätigungen und auch in den allzu grofsen Entfernungen der 3 benutzten Beobachtungsorte vom Herde der Hemmung liegen. Berechnungen über die Bestimmung des Endpunktes aus nur entlegenen Beobachtungsorten können nicht die Sicherheit gewähren, die sonstige astronomische Bestimmungen gestatten. Überhaupt hat in Folge dessen Herr Pape, wie ich das später zu erwähnen haben werde, den Lauf der ganzen Bahn parallel verschoben gegen den meinigen gefunden.

Von den durch *N* und *J* bestimmten Azimutallinien weicht der gefundene wahrscheinlichste Endpunkt um kleine Gröfsen ε ab, welche als die übrig bleibenden Fehler sich nach der in der erwähnten Abhandlung angegebenen Formel folgendermafsen ergaben:

1) +15′	2) + 9′	3) —12′
4) —21′	5) +12′	6) —74′
7) — 8′	8) —12′	9) — 9′.

II. Bestimmung der Höhe des Endpunktes über der Erdoberfläche. Für diese Bestimmung habe ich die scheinbaren Höhen aus den Beobachtungen von 1) bis 7) folgendermafsen entnehmen können:

1) 43° 2) 43° 3) 30° 4) 18° 5) 11° 6) 10° 7) 20°.

Nach den betreffenden Formeln erhalte ich hieraus für die linearen Höhen z des Hemmungspunktes über der Erdoberfläche in geographischen Meilen die Werte:

1) 4,888 2) 4,888 3) 2,945 4) 16,44 5) 14,47 6) 9,61 7) 6,73.

Die Abweichungen der einzelnen Orte unter einander sind ziemlich grofs, da die Beobachtungen aus Erlangen, Leipzig, Pegau nur annähernd den Endpunkt fixieren. Geben die Beobachter aus entlegeneren Orten genau einen Stern für den Endpunkt an, so können die Höhenangaben ohne Weiteres für die Rechnung benutzt werden. Ist dies nicht der Fall, so müssen die entsprechenden Gewichte angebracht werden. Ganz besonders bei Höhenschätzungen in der Nähe des Horizontes darf man die Anbringung der Gewichte nicht vernachlässigen, da bei kleinen Höhen und grofsen Entfernungen die Beobachtungsfehler einen gröfseren Einflufs erlangen.

Nach diesem Prinzip habe ich daher die Gewichte der betreffenden Beobachtungen abgeschätzt und diese in runden Zahlen folgendermafsen angenommen: Breslau und Patschkau 1, Grenzdorf $^1/_3$, Leipzig und Pegau $^1/_9$, Erlangen $^1/_{12}$. Die Summe aller

*) Jahn, Unterhaltungen, Jahrgang 1853.

Gewichte ist gleich 3,64, die Summe der mit diesen multiplizierten Höhen ist gleich 19,07; somit ist der wahrscheinlichste Wert für die lineare Höhe:

$$z = \frac{19{,}07}{3{,}64} = 5{,}24 \text{ geogr. Meilen,}$$

ein sehr gewöhnlicher Wert für die Hemmungshöhe heller Meteore.

III. Die Berechnung der Rektascension und Deklination des Endpunktes von den verschiedenen Beobachtungsorten aus gesehen. Nachdem die Lage des Endpunktes im Raume genau bestimmt ist, kann nun auch der scheinbare Ort des Endpunktes am Himmel für jeden einzelnen Beobachtungsort berechnet werden, und somit auch die ganze scheinbare Bahn, wenn noch ein anderer Punkt der Bahn an dem betreffenden Orte beobachtet ist. Ich konnte für diese Bestimmung die Beobachtungen von 1) bis 7) und 10) benutzen, wonach sich ergab:

	α	δ	$\triangle$		
1)	29° 47′,4	+ 6° 15′,9	7,33	geogr.	Meilen
2)	29 47 ,4	+ 6 15 ,9	7,33	„	„
3)	133 39 ,0	+ 77 41 ,3	7,27	„	„
4)	96 25 ,2	— 1 28 ,7	46,50	„	„
5)	117 57 ,8	+ 14 22 ,3	61,64	„	„
6)	93 45 ,3	+ 7 24 ,6	18,61	„	„
7)	344 23 ,7	+ 30 32 ,4	6,10	„	„
8)	115 13 ,0	+ 55 9 ,0	8,53	„	„

und wo α, δ, $\triangle$ Rektascension, Deklination und Entfernung des Endpunktes bedeuten, in denen das Meteor von den einzelnen Orten aus gesehen wurde.

IV. Knoten und Neigung der beobachteten scheinbaren Bahnen in Bezug auf den Äquator. Wenn für einen Beobachtungsort O außer dem berechneten, scheinbaren Endpunkt noch ein anderer Punkt der scheinbaren Bahn, am besten der Anfangspunkt durch Beobachtung gegeben ist, so ist die Lage der scheinbaren Bahn vollständig bestimmt. Ich habe in dieser Hinsicht aus denselben 8 Beobachtungen wie im III. Abschnitt die folgenden Rektascensionen und Deklinationen auch noch eines andern brauchbaren Punktes der Bahn benutzen können:

	α'	δ'
1)	33° 30′	+ 43°
2)	287 30	33
3)	223 0	53
4)	51 12	40
5)	139 0	48
6)	225 30	74
7)	303 42	40
8)	299 48	61.

Diese α', δ' und die im III. Abschnitt berechneten α, δ ergeben dann für die scheinbaren Bahnen die Rektascension des Knotens N und die Neigung J gegen den Äquator wie folgt:

N	J
209° 17′,6	94° 29′,8
218 51	34 53 ,0
239 12 ,3	101 52 ,5
275 12	50 23 ,5
291 57	112 16 ,1
272 12 ,8	101 45 ,0
208 52	40 6 ,2
297 6 ,9	88 40 ,7.

V. Bestimmung des Radiationspunktes. Nachdem man für jeden Beobachtungsort die Lage des gröſsten Kreises der scheinbaren Bahn in Bezug auf den Äquator bestimmt hat, kann man die gemeinschaftlichen Schnittpunkte aller dieser gröſsten Kreise am Himmel finden. Alle scheinbaren Bahnen werden sich, wenn die Beobachtungen genau waren, in einem einzigen Punkte, dem Radiationspunkte, schneiden. Wegen der Beobachtungsfehler werden indeſs kleine Abstände ε von dem wahren Radiationspunkte entstehen, aus deren Gröſse man über die Genauigkeit der Beobachtungen ein Urteil gewinnen kann. Die wahrscheinlichste Lage des Radiationspunktes ergiebt sich aus den zuletzt erwähnten Beobachtungsorten durch die Auflösung der folgenden Bedingungsgleichungen nach der Methode der kleinsten Quadrate:

$$0 = 0{,}8202 + 0{,}4454x - 0{,}3588y$$
$$0 = 0{,}2058 - 0{,}5010x + 0{,}8406y$$
$$0 = 0{,}6376 - 0{,}0698x - 0{,}7673y$$
$$0 = 0{,}3790 + 0{,}3458x + 0{,}8584y$$
$$0 = 0{,}2037 + 0{,}0378x + 0{,}9784y$$
$$0 = 0{,}7648 + 0{,}5641x - 0{,}3110y$$
$$0 = 0{,}0231 - 0{,}4556x - 0{,}8898y$$

und hiernach als Radiationspunkt des Meteors der Ort:

$$\alpha = 277^\circ 25',5; \ \delta = +54^\circ 25',8,$$

oder in Länge und Breite:

$$l' = 290^\circ 6',2; \ b' = 77^\circ 22',0.$$

Dieselbe Lage des Radiationspunktes habe ich aus einzelnen Beobachtungen durch verschiedene Combinationen der Beobachtungen bestätigt gefunden.

Um den Grad der Genauigkeit der einzelnen Beobachtungen zu ermitteln, habe ich dann die Abstände ε, in welchen die an den einzelnen Orten beobachteten scheinbaren Bahnen an dem Radiationspunkte vorbeigehen, berechnet. Diese ε sind für dieses Meteor ziemlich bedeutend, da die beobachteten Anfangspunkte

sehr unsicher bestimmt worden sind. Die Rechnung ergab für diese ε:

1) Breslau +22°,5 2) Patschkau —31,3 3) Leipzig +30,1 4) Erlangen —10,0 5) Grenzdorf —12,7 6) Brieg + 15,9 7) Glatz + 12,4.

Bestätigt habe ich die Lage des Radiationspunktes auch auf konstruktivem Wege, welcher in den meisten Fällen nur angenäherte Resultate liefert. Die Rektascension fand ich genau ebenso, nur die Deklination wich von obiger um einige Grade ab. Es liegt diese Abweichung gröfstenteils in der verschiedenen Güte der Beobachtungen. Das erste Aufleuchten oder der scheinbare Anfangspunkt wurde, wie dies gewöhnlich der Fall ist, meist mangelhaft bestimmt. Mit um so gröfserer Vorsicht hat man daher bei der Wahl des ersten beobachteten Punktes der Bahn als Anfangspunkt der Erscheinung zu verfahren. So ist z. B. die Beobachtung aus Brieg unsicher; auch die erste Breslauer Beobachtung ist für die weitere Rechnung nicht zu benutzen, da sie auch in dieser Beziehung von der anderen Breslauer Beobachtung zu sehr abweicht. Der Beobachter wurde das Meteor erst gegen Ende seiner Bahn gewahr; er sah den ersten Schein fast im Zenith von Breslau, so dafs dadurch der Fehler ganz beträchtlich werden konnte, wie sich dies auch schon bei der Bestimmung von Knoten und Neigung kundgab. Man wähle daher zur Berechnung des Radiationspunktes nur die längsten und vollständigsten scheinbaren Bahnen. Berücksichtigt man mehrere kurze Strecken, die auch in Bezug auf den Anfang der Sichtbarkeit gewöhnlich ungenau sind, so kann man leicht zu einem Radiationspunkte gelangen, welcher in der Bahn des Meteors selbst zu liegen kommt, was somit den anderen Beobachtungen widerspricht. Daher ist es ratsam in solchen Fällen, wie ich es auch bei diesem Meteor gethan habe, erst die 2 oder 3 längsten und genauesten Bahnen allein zu berücksichtigen, um eine annähernde Lage des Radiationspunktes zu erlangen. Ich kam dabei zu dem Resultate, dafs in diesem Falle eine, wenn auch aus wenigen jedoch guten Beobachtungen vermittelst einer richtigen Methode durchgeführte Bestimmung wenigstens dasselbe leistet, als alle anderen Hilfsmittel zusammengenommen, wenn ihnen die richtige Grundlage, nämlich eine entsprechend genaue Beobachtung, fehlt.

VI. Bestimmung der linearen Länge der Bahn innerhalb der Atmosphäre. Hierzu dient das ebene Dreieck zwischen dem Beobachtungsort, dem Anfangspunkt und dem Endpunkt des Meteors, wobei jedoch unter den Beobachtungen eine geeignete Auswahl getroffen werden mufs. Ich habe zur Bestimmung dieser linearen Länge der Bahn, sowie zur Bestimmung der Entfernungen $\triangle'$ der Anfangspunkte von den Beobachtungsorten nur die längsten scheinbaren Bahnen gewählt. Es ergaben sich nach den Beobachtungen von Patschkau, Erlangen, Grenzdorf die Längen der Bahn:

36,14 g. M. 39,97 g. M. 44,20 g. M.

im Mittel 40,1 geogr. Meilen. Für die Entfernungen $\triangle'$ erhielt ich die Werte:

41,52 g. M. 61,57 g. M. 39,06 g. M.

VII. Lage des Anfangspunktes auf der Erdoberfläche nach geographischer Länge, Breite und Höhe. Hierbei kommt das ebene Dreieck zwischen dem Erdmittelpunkt, dem Anfangspunkt und dem Endpunkt der Bahn in Anwendung und es ergiebt sich nach den am angeführten Orte dafür entwickelten Formeln die Lage des Anfangspunktes über der Erdoberfläche nach geogr. Länge, Breite und Höhe:

$$\lambda = 32^{\circ}\,24',8$$
$$\varphi = 52\;\;20,0$$
$$z = 28,2 \text{ g. M.}$$

Es kommt dieser Ort in die Nähe von Frankfurt a/O. zu liegen. Die terrestrische Bahn ist somit nach meiner Rechnung genau von NW. nach SO., etwa in der Richtung Frankfurt a/O. bis Brieg, also fast entgegengesetzt dem Laufe der Oder. Übereinstimmend mit dieser Bewegungsrichtung hat dieselbe annähernd auch Herr C. F. Pape gefunden. Abweichend von meinen Resultaten hat dagegen Herr Pape die Höhe des Anfangspunktes, und zwar niedriger, die Länge der Bahn kleiner, gefunden. „Diese Angaben", schreibt Herr Pape, „machen natürlich keinen Anspruch auf grofse Genauigkeit, zumal die Berichte (im Ganzen nur 3) den Lauf des Meteors nur ganz im Allgemeinen beschreiben; ich wollte blos den Versuch machen, die Bahn des Meteors wenigstens ungefähr darzustellen".*)

Vergleicht man nun meine berechnete Bahn des Meteors in der Erdatmosphäre mit den sonst noch vorhandenen zur Berechnung selbst jedoch nicht verwendeten Beobachtungen, so findet man das gefundene Resultat durch diese Beobachtungen vollständig bestätigt. So giebt Graf Pfeil auf Hausdorf, der nachträglich nach den Aussagen der Feldarbeiter die Messungen mit einer Boussole angestellt hat, den Lauf des Meteors nach Azimuten von WNW. nach OSO. an. Die Höhen sind nach den Aussagen der Beobachter sehr verschiedenartig. Herr Oberförster Blümner in Sypniewo bei Vandsburg W./Pr. giebt die Richtung von NW. nach SO. an, vielleicht mehr nach OSO. Herr Hartmann aus Reichenbach berichtet: Die Feuerkugel nahm ihren Weg nach SO. Herr Oswald aus Oels: Die Kugel ist von NW. nach SO. gezogen. In Görlitz sah man dieselbe in OSO. zerspringen. In Strehlen, ganz in der Nähe des berechneten Endpunktes, sah man sie am westlichen Himmel aufsteigen; die Richtung war von W. nach O.;

*) Cf. Jahn, Unterhaltungen, Jahrgang 1853, pag. 55.

sie zerplatzte, als sie das Zenith erreicht hatte. Etwa 2 Minuten später hörte man den nördlichen Himmel entlang ein donnerähnliches Getöse u. s. w. Aus Glatz wird berichtet: Richtung von NW. nach SO. In Berlin war die Richtung nahe senkrecht. In Nassadel: Richtung von NW. nach SO. In Fulda: Etwa gegen NO. zeigte sich das Meteor in einer Zenithdistanz von ungefähr 60° und bewegte sich in raschem Fluge von NW. nach SO.

Die Horizontalität der Bahn, die einige Beobachter angeben, nst unhaltbar. Die Bahn ist jedenfalls fallend gewesen, wie dies d icht nur meine Berechnung erweist, sondern auch die meisten a rauf sich beziehenden Angaben zeigen. Aus den näher gelegenen Orten zeigt zunächst die Glatzer Beobachtung, dafs in der nur teilweise beobachteten Strecke sich die Bahn gesenkt haben mufste. Aus Hirschberg, wo man der günstigen Lage wegen ganz sicher eine Horizontalität der Bahn hätte bemerken müssen, wird berichtet, dafs das Meteor sich unter einem Winkel von 35° nach dem Horizont senkte. Aus Rauden bei Ratibor wird geschrieben: „Die Kugel bewegte sich mit grofser Schnelle und in schräger Richtung zur Erde“. Wäre die ganze Bahn horizontal, so hätte sie für einen Ort wie Rauden, der genau in der Verlängerung des Laufes der Feuerkugel liegt, steigend erscheinen müssen.

Über die scheinbare Gröfse dieses Meteors sind die Angaben sehr verschieden, so dafs eine genaue Bestimmung des Durchmessers nicht resultieren kann. Dafs die Feuerkugel grofs war, zeigen die darauf hinzielenden Beschreibungen, dafs sie in grofsem Umkreise blendete und bis nach Erlangen hin die ganze Gegend auf das hellste erleuchtete. Auch von zuverlässigen Beobachtern wird sie als „grofs“ resp. „mondgrofs“ geschildert; so beschreiben dieselbe v. Boguslawski und Melzer. Herr Letzner sowie ein Beobachter aus Strehlen schätzten sie gleich der Hälfte des Monddurchmessers. In Erlangen wurde der Durchmesser zu höchstens 6′, in Leipzig zu $^1/_4$° bis $^1/_2$° geschätzt. Aus Orten wie Brieg und anderen in der Nähe des Hemmungspunktes liegenden Orten wird sie mit einer Kanonenkugel, Leuchtkugel, mit dem doppelten Durchmesser der Venus etc. verglichen, was wohl eher der Wirklichkeit entspricht.

Die Gröfsenangaben der wahren Durchmesser der Meteore sind, wie gewöhnlich bei solchen Phänomenen, überschätzt worden. Abgesehen davon, dafs plötzlich für uns erscheinende leuchtende Körper oder helle Körper überhaupt wegen der Irradiation einen zu grofsen Umfang zeigen, so hängen diese Vergröfserungen, das Wachsen oder Abnehmen des scheinbaren Durchmessers aus bekannten Gründen auch noch von dem Umstande ab, ob sie sich dem Horizonte nähern oder sich von ihm entfernen. A. v. Humboldt und Andere haben schon früher über die unverhältnismäfsig grofsen Dimensionen dieser Art von Himmelskörpern dieses Urteil

aussprechen müssen. Die teleskopischen Beobachtungen des Feuermeteors am 18. Oktober 1863 durch J. F. Schmidt in Athen, welche sehr viel Licht in manche zweifelhafte Punkte eingebracht haben, ergeben, dafs wir unter allen Umständen mit freiem Auge die Durchmesser heller Meteore zu grofs schätzen, und dafs Beobachtungen am Fernrohr diese Schätzungen wesentlich berichtigen.

Das Meteor hat einen ungemein starken und blendenden Glanz entwickelt, so dafs man Gegenstände bis auf weite Entfernungen hin wie am hellen Tage hat wahrnehmen können. Für Breslau war das Licht so stark, dafs man in einiger Entfernung die Dachziegel hätte zählen können. Die Beleuchtung des südöstlichen Abhanges der schlesischen Gebirge soll für den Moment des Vorüberfliegens die Tageshelle weit übertroffen haben. Die Tannen und Fichten dieses Abhanges sollen einen wunderbar schönen Anblick gewährt haben. Für Erlangen war die Lichtstärke so beträchtlich, dafs die ganze Umgegend plötzlich auf das Hellste erleuchtet wurde.

Der blendende Glanz, den die Feuerkugel verbreitete, war auch die Ursache, dafs es vielen Beobachtern vorgekommen ist, als müfste die Feuerkugel in allernächster Nähe ihres Standortes zu Boden gefallen sein.

Fast sämtliche Beobachtungen stimmen über die verschiedenfarbigen Lichter bei diesem Verbrennungsprozesse überein; ganz besonders aber tritt die blaue und grüne Farbe des Lichtes und der herabfallenden Funken in den Vordergrund.

Dafs die Feuerkugel einen Schweif während ihres Laufes entwickelt hat, berichten mehrere Beobachter übereinstimmend. Orte wie Leipzig, Pegau, Rauden etc., die in der Richtung der Bahn liegen, konnten einen solchen schwerer wahrgenommen haben (einige haben statt dessen einen Lichtschein bemerkt); am günstigsten konnten denselben diejenigen Beobachter wahrnehmen, die in südwestlicher resp. nordöstlicher Richtung zum Phänomen sich aufgehalten haben, wie Sypniewo, Landeshut, teilweise auch Glatz, Patschkau und andere. Die Länge desselben wird etwa 6 Mal so grofs als der Durchmesser des Meteors angegeben. Mehreren Beobachtern schien er kürzer und länger zu werden. Es kann diese Erscheinung teils in perspektivischen Gründen liegen, teils in Verschiedenheiten des Hemmungs- und Verbrennungsprozesses.

Über die Teilung des Meteors stimmen fast alle Beobachtungen überein. Nach den Angaben der meisten Beobachter, die das Meteor möglichst bis zum Hemmungspunkte verfolgten, haben sich besonders in seinem letzten Laufe viele kleine leuchtende Partikel abgetrennt, von denen einige bald verlöschten, einige ihren Weg weiter fortsetzten. Eine derartige vor der Haupthemmung stattfindende partielle Hemmung der Meteore als Funken oder strahlenförmige Partieen wird bei den meisten hellen Meteoren beobachtet.

Die Anzahl der während des Laufes abfliegenden Funken oder Meteorstücke wird bis 20 angegeben; während der Hemmung selbst waren die Funken nicht zählbar.

Das in Folge des Durchschneidens der Luft und in Folge der Hemmung seitens der herabfallenden Meteorstücke zuweilen gehörte Geräusch, welches als Zischen und Prasseln angegeben wird, wurde bei diesem Meteor nur an 2 Orten gehört. So wurde in Liegnitz ein starkes Geräusch, in Grenzdorf ein starkes Zischen wahrgenommen. Der nach der Hemmung mehrere Sekunden anhaltende Donner ist von fast allen Beobachtern aus der Nähe wahrgenommen worden. Besonders auffallend übereinstimmend wird ein mehrfaches Donnern angegeben. Dem ersten stärkeren folgte schwächeres nach. So wird berichtet aus dem zunächst liegenden Orte Strehlen ein donnerähnliches Getöse, welches von 3 bestimmten, Kanonenschlägen gleichenden, Knallen begleitet war. In Gnadenfrei vernahm man einen sehr starken dem Kanonendonner ähnlichen Knall und gleich darauf einen zweiten schwächeren derselben Art bei merklich zitterndem Erdboden. In Schwoitsch bei Breslau hörte man 5 Knalle. Bei Charlottenbrunn vernahm man 2 dicht auf einander folgende donnerähnliche Erschütterungen; dasselbe behaupten mehrere Gebirgsbewohner.

Die Detonation hängt, abgesehen von der Dichtigkeit der Luftschicht, in welcher die Erscheinung stattfindet, sehr von der Entfernung des Beobachters ab, wie sich dies bei diesem Meteor deutlich zeigt. Mit der Entfernung vom Orte der Hemmung hört die Beobachtung der Detonation auf. So hat man in Bunzlau, Rauden bei Ratibor, Leipzig etc. von der Detonation nichts mehr vernommen.

Zum Schlufs dieses Teiles sei noch erwähnt, dafs die gefundenen Rechnungsresultate wieder eine Bestätigung dafür ergeben, dafs diese Körper weit über diejenigen Höhen hinaus in lebhaftem Lichte erglühen, welche wir sonst als Grenze der Erdatmosphäre anzunehmen gewohnt sind.

3. Die Berechnung der kosmischen Bahn.

Nachdem die terrestrischen Verhältnisse des Meteors, die für die weitere Rechnung von Bedeutung sind, mit derjenigen Genauigkeit festgestellt sind, welche die gegebenen Beobachtungen gestatteten, gehe ich in dem 3. Teile zu der Berechnung der Meteorbahn im Raume über und zu der Feststellung des um die Sonne beschriebenen Kegelschnitts. Die hierbei anzuwendenden Rechnungsmethoden sind in den verschiedenen Lehrbüchern der theoretischen Astronomie in etwas verschiedenen Formen entwickelt und müssen hier der Kürze wegen als bekannt vorausgesetzt werden; ich folgte dabei der von Herrn Geheimrat Galle in seiner Vorlesung über diesen Gegenstand mitgeteilten Rechnungsform.

Da von einem in der Nähe der Erde vorbeikommenden oder in die Erdatmosphäre eindringenden Meteor die Entfernung von der Sonne bekannt, nämlich gleich der der Erde von der Sonne ist, so läfst sich die Bahn desselben um die Sonne berechnen, wenn Richtung und Geschwindigkeit desselben bekannt sind. Diese Data sind in Verbindung zu setzen mit der Richtung und Geschwindigkeit der Erdbewegung, welche letztere zunächst aus der gegebenen Sonnenlänge und den Elementen der Erdbahn zu bestimmen sind. Für diese letzteren Gröfsen habe ich gefunden:

Geschwindigkeit $c_0 = 0{,}0168$
Länge des Perihels $\pi = 280^\circ\, 23',4$
Excentricitätswinkel $\varphi_0 = 0^\circ\, 57',6$

Ferner ergaben sich aus dem Berl. Astron. Jahrbuch:

$$\odot = 259^\circ\, 38',9 \text{ (Länge)}$$
$$\lg R = 9{,}9931 \text{ (Radiusvektor)}$$

und somit für den Richtungswinkel der Erde, d. i. den Winkel, welchen die Bewegungsrichtung der Erde mit ihrem Radiusvektor bildet:

$$\delta_0 = 89^\circ\, 39',9.$$

Es ist nun aus dem vorher ermittelten scheinbaren Radiationspunkt zunächst der wahre Radiationspunkt herzuleiten. Dessen Länge und Breite wurde wie folgt gefunden

Länge $l = 340^\circ\, 4',3$; Breite $b = 41^\circ\, 35',4$.

Es ist sodann zu der weiteren Berechnung die beobachtete Geschwindigkeit des Meteors erforderlich. Was die Dauer der Erscheinung betrifft, so geben die meisten Beobachter dieselbe zu „mehreren" Sekunden an. Aufserdem sind die folgenden Angaben gemacht worden:

Patschkau	8	Sekunden
Erlangen	8—10	„
Brieg	2—3	„
Bunzlau	10—15	„
Hirschberg	10	„
Glatz	15—20	„
Landeshut	6—8	„
Schwierse	8	„

Eine besonders zuverlässige Beobachtung scheint mir die von Herrn Pape aus Erlangen zu sein, der die Dauer der Erscheinung auf 8 bis 10 Sekunden angiebt. Herr Bischoff in Patschkau hat auch 8 Sek. gezählt vom Erscheinen bis zum Verschwinden. Die Beobachtung aus Brieg habe ich nicht benutzt, da mir der Anfangspunkt zu ungenau und zu spät erscheint. Da die Angaben meistens mit 8 Sek. beginnen und eine nur bis 20 Sek. geht, so habe ich aus den 7 Beobachtungen als Mittel der Dauer

10 Sekunden

annehmen können. Das Meteor hatte somit im Durchschnitt eine Geschwindigkeit von 4 geogr. Meilen in 1 Sek.

Dieses war die relative Geschwindigkeit des Meteors innerhalb der Atmosphäre der Erde. Verbindet man hiermit die vorher angegebene Geschwindigkeit der Erde im Raume, so ergiebt sich die absolute Geschwindigkeit des Meteors im Raume:

$$c = 5{,}881 \text{ geogr. Meilen.}$$

Hiernächst folgt die Ermittelung des Richtungswinkels δ d. h. desjenigen Winkels, welchen die Richtung des Meteors mit dem Radiusvektor desselben bildet, welches zugleich der Radiusvektor der Erde ist. Gleichzeitig ergiebt sich die Neigung i der Bahn gegen die Ekliptik und die Länge ihres aufsteigenden Knotens ☊. Für diese Gröfsen wurde gefunden:

$$\delta = 97^\circ 9' \qquad i = 42^\circ 0' \qquad ☊ = 259^\circ 39'.$$

Weiter folgt die Bestimmung der Excentricität des Kegelschnitts e, der Länge des Perihels π, der Periheldistanz q, der halben grofsen Achse a und der Durchgangszeit durch das Perihel T. Hierbei ergab sich die Excentricität $e > 1$, als wahrscheinlichste, aus den vorhandenen Beobachtungen hervorgehende Bahn demnach eine Hyperbel, deren Elemente die folgende Zusammenstellung enthält:

$$\begin{aligned} T &= 1852 \text{ Dez. } 2{,}28 \text{ m. Berl. Z.} \\ \pi &= 66^\circ 13' \\ ☊ &= 259 \;\; 39 \\ i &= 42 \;\; 0 \\ \lg q &= 9{,}9869 \\ \lg a &= 0{,}8489_n \\ e &= 1{,}1374. \end{aligned}$$

Bewegung rechtläufig.

II. Das Meteor vom 3. Dezember 1861.

Nach der Berechnung des Meteors vom 11. Dezember 1852 habe ich noch eine zweite Berechnung, ebenfalls eines Dezember-Meteors, ausgeführt, zum Teil von der Erwartung geleitet, dafs vielleicht beide Dezember-Meteore Glieder eines und desselben kosmischen Stromes seien.

1. Die Beobachtungen.

Herr Prof. Heis in Münster hat es sich besonders angelegen sein lassen, über die merkwürdige Feuerkugel, welche an diesem Tage gegen 7 Uhr Abends während mehrerer Sekunden die Gefilde von fast ganz Deutschland mit hellem Lichte erleuchtete, möglichst viele Nachrichten zu sammeln, um durch eine vorläufige terrestrische Bahnberechnung aus denselben über den Lauf, die Erscheinung und die näheren Umstände dieses Meteors sich ein der Wahrscheinlichkeit möglichst nahe kommendes Urteil verschaffen zu können.

Die meisten Angaben über die Richtung des gesehenen Meteors und über dessen Höhe können für die Berechnung der Bahnverhältnisse nicht benutzt werden; glücklicherweise ist aber das Meteor an einigen Orten von Beobachtern gesehen worden, die des gestirnten Himmels kundig und auch mit Beobachtung von Sternschnuppen und Feuerkugeln vertraut waren. Zwei der Beobachter, Herr Weber in Peckeloh und Herr Neus in Schneidemühl, hielten sich absichtlich zur Beobachtung des Himmels im Freien auf und beobachteten von 2 Punkten, die um 81 Meilen von einander entfernt sind, ein und dasselbe Phänomen, der erstere gegen Ost, der zweite gegen West und bestimmten beide mit Genauigkeit den scheinbaren Lauf der Feuerkugel.

1) Peckeloh. ($\varphi = 52°,0$, $\lambda = 25°,8$). Herr Weber schreibt: „Die Feuerkugel erschien zuerst auf einer Linie von den Plejaden nach der Capella, 6° nördlich von ersterer Gruppe. Einige Sekunden hindurch veränderte sie ihren Ort kaum merklich, alsdann aber nahm sie plötzlich mit stets wachsender Geschwindigkeit unterhalb des Siebengestirns eine schnell ablenkende, endlich dem Horizonte zueilende Richtung, und verlor sich hinter einem nahen Gehölze.

2) Jöllenbeck. ($\varphi = 52°,1$, $\lambda = 26° 12'$). Herr Apotheker Upmann berichtet: Gegen ½7 Uhr hatte ich den Genufs eines äufserst brillanten Meteors. Einer kolossalen Sternschnuppe ähnlich, entwickelte sich dasselbe über den Plejaden, fiel in dicker Garbe von grüngelbroter Farbe herunter und platzte dicht beim Aldebaran, rechts von demselben, worauf alsdann ein einziger dicker Feuerball herunterfiel und zwar in der Richtung auf den noch nicht aufgegangenen Orion.

3) Schneidemühl. ($\varphi = 53°,1$, $\lambda = 34°,4$). Herr C. Neus teilt mit, nach einer beigefügten Karte der beiden Sternbilder Delphin und Adler nebst Antinous: „Bei einem Ausgange, den ich am 3. mit meinen Schülern machte, um denselben die Sternbilder zu zeigen, beobachteten wir $7^h 7^m$ Schn. Z. eine Feuerkugel in nebenstehender Richtung fallend“. Nach dieser Karte konnten die Positionen für den Anfangs- und Endpunkt der Bahn entnommen werden.

4) Wien. ($\varphi = 48°,2$, $\lambda = 34°,0$). Herr Ingenieur Gonvers berichtet: „Genau in der Richtung der Baumallee, ungefähr gleich hoch mit dem Sterne ε im grofsen Bären, zeigte sich eine blau leuchtende Kugel von der Gröfse und dem Glanze der Venus, ähnlich den römischen Lichtern der Raketen; sie fiel langsam vertikal herab und verschwand plötzlich am Horizonte. Die erwähnte Baumallee bildet nach einer Karte mit der Nordlinie einen Winkel von 33°.“

5) Berlin. ($\varphi = 52°,5$, $\lambda = 31°,0$). Herr W. Kuhn beobachtete $6^h 54^m$ Berl. Z. eine prachtvolle Feuerkugel am Halse des Pegasus.

6) Ein Beobachter, der sich auf einer Reise von Düben nach Bitterfeld befand, sah von einem zwischen den Dörfern Schwemsal und Rösa gelegenen Standorte aus (4 Meilen südöstlich von Dessau) gegen Nordnordwest hin, eine zwischen den Sternbildern der Cassiopeja und des Schwans nahezu senkrecht herabfallende Feuerkugel.

7) Aus Jessnitz ($\varphi = 51°,7$, $\lambda = 30°,0$) berichtet Herr Pfarrer Hoffelt, dafs er am genannten Tage die Feuerkugel aus NNO. nach SSW. ruhig am Himmel heraufziehen gesehen habe, und dafs dieselbe sich fast über seinem Kopfe entladen habe, indem derselben einzelne dicke Feuerfunken entfallen seien. Herr Hoffelt war der Ansicht, dafs die Feuerkugel kaum 150—200 Schritt südwestlich vom Bahnhofe hätte niederfallen müssen.

2. Die Berechnung der terrestrischen Bahn.

Aus der Anzahl der Azimutal-Beobachtungen für den Endpunkt sind besonders hervorzuheben die Orte: Jöllenbeck, Schneidemühl, Wien. Ich habe aus diesen Beobachtungen die Azimute entnehmen können:

$$87°\,0' \qquad 64°\,6' \qquad 147°,$$

mit deren Hilfe sich die N und J nach den im I. Abschnitt angezeigten Formeln folgendermafsen ergaben:

$$N = 300°\ 1' \qquad 335°\,39' \qquad 239°\,52',8$$
$$J = 52°\,10' \qquad 57°\,19' \qquad 68°\,43',3$$

Es ergaben sich ferner die folgenden 3 Bedingungsgleichungen:

$$0 = +0{,}6133 - 0{,}3949x - 0{,}6839y$$
$$0 = +0{,}5403 - 0{,}7667x - 0{,}3470y$$
$$0 = +0{,}3629 - 0{,}4677x - 0{,}8060y.$$

Diese Gleichungen habe ich sowohl nach der Methode der kleinsten Quadrate sowie paarweise auf algebraischem Wege aufgelöst. Es ergaben sich die Werte:

$$x = +0{,}3939 \qquad y = +0{,}6760,$$

und somit für die geographische Lage des Endpunktes:

$$\varphi = 51°\,58'$$
$$\lambda = 30°\,14'.$$

Dieser von mir gefundene Ort ist jedoch nicht ganz identisch mit dem von Prof. Heis bestimmten:

$$\varphi = 51°\,38'$$
$$\lambda = 29°\,50'.$$

Der Grund der Differenz ist in den grofsen Entfernungen der 3 Orte Jöllenbeck, Schneidemühl und Wien von dem Endpunkte zu suchen. Die 3 Richtungslinien von diesen 3 Orten aus nach dem Endpunkte gezogen, schneiden sich nicht genau in einem Punkte, man erhält vielmehr durch die Schnittpunkte ein etwas nach Nord-Osten verschobenes Dreieck. Auch kann der

Wiener Beobachtung nicht das gleiche Gewicht der andern beiden Beobachtungen beigelegt werden, da eine Linie von Wien aus, die 33° westlich vom Meridian abweicht, nur nahezu auf die Gegend hinzeigt, über welcher in Folge der Beobachtungen in der Nähe des Endpunktes das Meteor schwebte. Andererseits haben die 3 Orte Jöllenbeck, Endpunkt, Schneidemühl eine so wenig von einander abweichende nördliche Breite, daſs sie beinahe bei diesen groſsen Entfernungen in einer geraden Linie liegen, und der Schnittpunkt dadurch ziemlich groſsen Schwankungen unterliegt. Auch kann der berechnete Ort des Endpunktes nach Angaben von Beobachtern, die dem Herde der Erscheinung nahe waren, deshalb nicht soweit nach Nordost herausgerückt werden, da noch viele Nachrichten glaubwürdiger Zeugen vorliegen, welche eine starke Detonation mehrere Minuten nach dem Erlöschen auſser Zweifel setzen und einen heftigen Knall vermutlich in einer nicht allzu groſsen Entfernung gehört haben. So hat man recht deutlich einen Donner in der Umgegend von Dessau, in den südöstlich gelegenen Orten Oranienbaum und Jüdenberg vernommen. Daſs die Feuerkugel nicht weit von Jessnitz ihren Endpunkt erlangt haben müsse, ergiebt sich aus dem wertvollen Berichte des Kantors Herm. Langrock aus Zörbig, der nicht nur in unmittelbarer Nähe einen sehr hellen bläulich-gelblichen Schein in einer Dauer von mehreren Sekunden sah, sondern auch 2 Mal einen heftigen Knall rasch aufeinanderfolgend, und ein lang andauerndes dem Donner ähnliches Gerolle hörte. Diese sehr heftigen Knalle sind ein evidentes Zeichen dafür, daſs die Fenerkugel nicht allzu weit von Zörbig und Jessnitz ihr Ende erreicht haben muſste. Die meisten Angaben aus der Nähe, welche sich auf die Himmelsgegenden beziehen, stimmen mit diesen beiden aus Zörbig und Jessnitz fast durchweg überein. Es kann somit aus den unmittelbaren Beobachtungen der nahe gelegenen Orte, wo das Meteor sein Ende erreicht zu haben schien, der Endpunkt der Meteorbahn so genau festgestellt werden, daſs alle Azimutal-Beobachtungen von den entfernteren Orten Jöllenbeck, Schneidemühl und Wien in diesem Falle entbehrt werden können. Es fällt somit übereinstimmend mit den früheren Bemerkungen der Ort des Endpunktes über:

$$\varphi = 51^\circ 37'$$
$$\lambda = 29^\circ 52',$$

also zwischen Zörbig und Bitterfeld. Diese geographische Lage kann somit als wahrscheinlichster Ort für den Endpunkt des Meteors angenommen und zum Zwecke der weiteren Berechnung benutzt werden.

Für die Bestimmung der Höhe des Endpunktes über der Erdoberfläche sind 2 Beobachtungen aus Jöllenbeck und Schneidemühl nach Sternbildern gemacht worden. Am ersteren Ort sah man die Feuerkugel in einer Höhe von 20°,2, in Schneidemühl

in einer Höhe von 14°. Die Rechnung ergab die wahren Höhen 13,69 und 13,21 geogr. Meilen, im Mittel also 13,45 g. M. Einen ähnlichen Wert hat Prof. Heis auf trigonometrischem Wege gefunden. Diese gefundenen Höhen sind für den Hemmungspunkt ungewöhnlich hoch, und es ist daher vielleicht nicht ausgeschlossen, daſs diese Bestimmung in Folge der allzu groſsen Entfernungen der beiden Orte mit einer gewissen Unsicherheit behaftet ist. Es spricht dafür auch der Umstand, daſs man in Gräfenhainichen und Wörlitz 3 bis 4 Minuten nach der Erscheinung einen entfernten Donner gegen Süden, in Radegast 2 Minuten nach der Erscheinung ein Rauschen in der Luft hörte, wonach der Endpunkt nur ungefähr 5 bis 8, nicht aber 13 geogr. Meilen über der Erdoberfläche gelegen hätte, wenn diese Schall-Beobachtungen richtig waren. Indessen ist für die weiteren Rechnungen die Höhe von 13,45 g. M. als Grundlage beibehalten worden.

Unter den 7 oben angeführten Beobachtungsorten sind es nur die 5 ersten, welche eine genügend bestimmte Angabe für den Anfangspunkt oder einen andern Punkt der scheinbaren Bahn, auſser dem Endpunkt, enthalten, und für welche daher zunächst die scheinbare Lage und Entfernung des Endpunktes durch Rechnung zu ermitteln war. Diese scheinbaren α, δ, $\triangle$ des Endpunktes wurden für die 5 Orte, wie folgt, gefunden:

	α	δ	$\triangle$
1)	298° 37′,6	— 3° 37′,0	50,28 g. M.
2)	60 40 ,4	+ 9 13 ,9	37,41 „ „
3)	325 27 ,7	+ 5 12 ,5	22,03 „ „
4)	229 38 ,4	+ 40 20 ,8	66,90 „ „
5)	64 9 ,8	+ 9 47 ,2	40,59 „ „

wo α, δ, $\triangle$ dieselbe Bedeutung haben, wie beim ersten Meteor. Hiermit waren der Reihe nach die α', δ' oder die durch die Beobachtungen gegebenen zweiten Punkte der einzelnen scheinbaren Bahnen zu verbinden, welche folgendermaſsen angenommen wurden:

	α'	δ'
1)	305°	+ 13°,5
2)	52	+ 33
3)	331	+ 18
4)	236	+ 57 ,5
5)	57,5	+ 29

Aus diesen α', δ' und den vorher durch Rechnung bestimmten α, δ ergaben sich für den Knoten N und die Neigung J der scheinbaren Bahnen folgende Werte:

	N	J
1)	119° 57′,5	110° 6′,1
2)	247 9 ,5	73 9 ,9
3)	243 32 ,2	72 52 ,9
4)	143 18 ,7	112 22 ,8
5)	42 14 ,0	98 37 ,2.

Hieraus konnten dann für die Bestimmung des Radiationspunktes die 5 Bedingungsgleichungen hergeleitet werden:

$$0 = -0{,}3437 + 0{,}4690x + 0{,}8136y$$
$$0 = +0{,}2896 + 0{,}3715x - 0{,}8822y$$
$$0 = +0{,}2943 + 0{,}4258x - 0{,}8554y$$
$$0 = -0{,}3807 + 0{,}7415x + 0{,}5525y$$
$$0 = -0{,}1499 - 0{,}7322x + 0{,}6647y$$

welche, nach der Methode der kleinsten Quadrate aufgelöst, für den Radiationspunkt den Ort ergeben:

$$\alpha = 21^{\circ}\,32',9 \qquad \delta = +66^{\circ}\,54',7$$

oder in Länge und Breite verwandelt:

$$l' = 53^{\circ}\,48',9,\ b' = 51^{\circ}\,51',8.$$

Die als die übrig bleibenden Fehler zu betrachtenden Abstände ε von diesem Radiationspunkte habe ich gefunden:

$+2^{\circ},7 \qquad -0^{\circ},1 \qquad +1^{\circ},1 \qquad -2^{\circ},4 \qquad -0^{\circ},1.$

Für die hiernächst folgende Bestimmung der linearen Länge der Bahn in der Atmosphäre sind die längsten beobachteten Bahnen aus Schneidemühl, Peckeloh, Jöllenbeck, Wien gewählt worden, aus welchen sich diese Längen der Bahn in geogr. Meilen folgendermafsen ergaben:

1) 16,66 2) 20,32 3) 25,64 4) 25,38

im Mittel 22,0 g. M. Für die Entfernungen $\triangle'$ des Anfangspunktes von den Beobachtungsorten ergab sich:

1) 52,82 2) 52,79 3) 54,00 4) 79,02.

Nach ebendemselben Verfahren wie beim ersten Meteor habe ich für die Lage des Anfangspunktes auf der Erdoberfläche nach geogr. Länge, Breite und Höhe gefunden:

$$\varphi = 52^{\circ}\;\;2',1$$
$$\lambda = 30^{\circ}\,16',2$$
$$z = 34{,}1 \text{ g. M.}$$

Die Feuerkugel entzündete sich demnach in bedeutender Höhe über einem Punkte zwischen Wittenberg und Belzig, etwa 1 1/2 Meilen südlich von letzterem Orte.

Die über den Anfangspunkt gemachten Beobachtungen geben die Richtung bald nordnordöstlich bald nordnordwestlich an. Meine Resultate zeigen, dafs die Feuerkugel aus NNO. nach SSW. ihren Lauf nahm und sich während der kurzen Bahn in der Atmosphäre um 21 Meilen gesenkt hat, so dafs ihre Bahn sehr steil und 70° gegen die Erdoberfläche geneigt war.

Bestätigt wird die von mir berechnete Bahn aufser den Beobachtungen aus Peckeloh und Wien durch den zuverlässigen Bericht des Herrn Pfarrer Hoffelt in Jessnitz, der die Feuerkugel aus Nord-Nord-Ost nach Süd-Süd-West ruhig am Himmel heraufziehen gesehen hat.

Mit diesen Resultaten über die ganze Bahn stimmen gröfstenteils auch die allgemein gehaltenen Richtungsangaben, welche sich auf die Himmelsgegenden beziehen, überein.

Über die unregelmäfsige Bewegung dieses Meteors sind an verschiedenen Orten in der Nähe von Dessau Beobachtungen gemacht worden. In Lindau sah ein Beobachter das Meteor zuerst in gerader Linie sich bewegend, dann höher steigend und endlich bedeutend langsamer in einem Bogen abwärts. Das Auf- und Absteigen der Feuerkugel bemerkte auch ein zweiter Augenzeuge. Von Wittenberg aus hat sich das Meteor während des Laufes gehoben und beim Verschwinden wieder gesenkt. Die Verhältnisse des Steigens und Fallens dieser Feuerkugel scheinen nur lokal, das Steigen und Fallen nur ein scheinbares gewesen zu sein. Für Dessau ging das Meteor fast nahe an dem Zenith vorbei, daher konnte es während des ersten Teiles der Bahn gehoben, während des letzten gesenkt erscheinen.

Die Gröfsenangaben sind unbestimmt. An mehreren Orten in der Nähe der Erscheinung will man die Feuerkugel in der Gröfse des Vollmondes gesehen haben. Für Berlin schwanken die Angaben zwischen dem Durchmesser des Mondes und $^1/_3$ desselben.

3. Die Berechnung der kosmischen Bahn.

Der Gang der Rechnung ist der nämliche wie bei dem ersten Meteor. Zunächst ist der Richtungswinkel der Erdbahn zu bestimmen. Es ist für die betreffende Zeit:

$$c_0 = 0{,}0168$$
$$\pi_0 = 280^0\,32',7$$
$$\varphi_0 = 0^0\,57',6.$$

Nach dem Berl. Astron. Jahrbuch ist für diesen Zeitpunkt:

$$\odot = 251^0\,38',1$$
$$\lg R = 9{,}9936.$$

Nach der im ersten Teil bezeichneten Methode ergiebt sich für den Richtungswinkel der Erde:

$$\delta_0 = 89^0\,32',5.$$

Die Länge und Breite des wahren Radiationspunktes ergiebt sich alsdann:

$$l = 13^0\,10',9 \qquad b = 34^0\,43'.$$

Die Angaben über die Zeit, in welcher die Feuerkugel ihren Lauf vollendete, schwanken meist zwischen 3 und 5 Sekunden. Ich habe die Geschwindigkeit in 1 Sekunde im Durchschnitt zu:

5 geogr. Meilen

annehmen können, wodurch die absolute Geschwindigkeit

$$c = 6{,}908 \text{ g. M.}$$

gefunden wird.

Die dritte Aufgabe ist die Bestimmung der Elemente der Meteorbahn im Raume, der Knotenlänge, der Neigung und des Richtungswinkels. Die Knotenlänge wird, da die Breite des Radiationspunktes positiv ist:

$$\Omega = 251^\circ\, 38',1.$$

Die Neigung und der Richtungswinkel der Meteorbahn wurden wie früher bestimmt und ebenso auch die übrigen Elemente, so dafs die resultierende Bahn die folgende ist:

$$\begin{aligned} T &= 1861 \text{ ~~Nov. 12,92~~ m. Berl. Z.} \quad \text{December 23,66} \\ \pi &= 110^\circ\, 47',2 \\ \Omega &= 251^\circ\, 38',1 \\ i &= 39^\circ\ \ 6',5 \\ \lg q &= 9,9257 \\ \lg a &= 0,0135_n \\ e &= 1,817 \end{aligned}$$

Bew. rechtläufig,

unter Anwendung derselben Bezeichnungen wie im ersten Teil dieser Mitteilung. Hiernach war die Bahn in einem noch entschiedeneren Mafse eine Hyperbel, als dies bei dem ersten Meteor der Fall war.

Die Resultate meiner Rechnungen gehen demnach mit grofser Bestimmtheit dahin, dafs der Weg, welchen beide Meteore durch das Sonnensystem genommen haben, Hyperbeln waren. Dieselben erscheinen somit als eine weitere Bestätigung dafür, dafs diese Meteore als selbständige Körper mit kosmischen Geschwindigkeiten in hyperbolischen Bahnen durch den Raum ziehen. Die Identität der Sternschnuppen und Feuerkugeln oder der Zusammenhang der letzteren mit den periodischen Kometen würde hierdurch in gröfseren Zweifel gestellt, fast ausgeschlossen werden. Da man nämlich hyperbolische Bahnen bisher nur mit einzelnen Ausnahmen in der Kometenwelt und bei den Meteorströmen gefunden hat und diese nur mit ganz geringen Abweichungen von der Parabel, so dafs es sich bei dem Übergange von einem Kegelschnitt zum andern nur um eine kleine Gröfse handelte, so haben einige Astronomen, wie es scheint mit Recht, sich bewogen gesehen, den Feuerkugeln einen ganz von jenen unabhängigen, stellaren Ursprung einzuräumen.

Nun sind zwar die berechneten Elemente beider Meteore Funktionen der beobachteten Zeitdauer der Erscheinung, welche gewöhnlich als ziemlich zweifelhaft anzusehen ist; jedoch konnte in den allermeisten Fällen, auch wenn für diese Geschwindigkeit eine möglichst niedrige Grenze angenommen würde, nur ein hyperbolischer Kegelschnitt erlangt werden. Ebenso konnte auch hier die Geschwindigkeit nach den Beobachtungen nicht füglich soweit reduziert werden, dafs ein anderer als ein hyperbolischer Kegelschnitt aus der Berechnung resultiere. Dabei habe ich in meiner

Rechnung der beiden Meteore die wahrscheinlichsten Geschwindigkeiten bereits nur zu 4 resp. 5 geogr. Meilen in 1 Sekunde angenommen, obwohl einige Beobachter, wie Herr Günther in Breslau und ein Beobachter in Brieg, dem Meteor von 1852 eine Dauer von nur 2 bis 3 Sekunden, also einer noch erheblich gröfseren Geschwindigkeit entsprechend, zuerteilen, wodurch, wie meine hierfür gerechneten Tabellen zeigten, eine bei Weitem stärker hyperbolische Bahn, ja fast eine geradlinige sich ergeben hätte. Da somit die berechneten Bahnen einen stark hyperbolischen Charakter haben, so würde, wie schon erwähnt, folgen, dafs diese Weltkörper aus den Fixsternräumen zu uns gelangen, dafs also, wie Schiaparelli sagt, „sie und nicht die Kometen die Boten aus der Sternenwelt sind". —

Eine Zusammenstellung der hauptsächlichsten hyperbolischen Bahnen von Feuerkugeln findet man in Schiaparelli's schönem Werke. Auch die in neuester Zeit besonders von Galle und von v. Niessl ausgeführten genauen Bahnberechnungen haben ausschliefslich zu Hyperbeln geführt.

Gleichwohl bleiben die Schwierigkeiten der Trennung der Feuerkugeln von den Sternschnuppen und der Ziehung einer Grenzlinie zwischen denselben bestehen, auch schon bei den Beobachtungen selbst, wo helle Sternschnuppen oft als Feuerkugeln bezeichnet werden, und beide Arten von Meteoren in gröfserer Menge oft gleichzeitig erscheinen. Zu dieser verschiedenen Bezeichnung trägt dann noch oft die Verschiedenheit der Entfernung bei, wofür einen Beweis das grofse Meteor von Pultusk liefert, welches den Beobachtern in Troppau und in Ragendorf in Ungarn nur den Eindruck einer Sternschnuppe machte.

Einen Beitrag zu dem gleichzeitigen Erscheinen mehrerer Meteore und Sternschnuppen und mutmafslicher Zusammengehörigkeit derselben haben auch die Beobachtungen der in dem ersten Teil behandelten Feuerkugel vom 11. Dez. 1852 dargeboten. An demselben Tage beobachtete nämlich Herr Melzer auf seiner Privatsternwarte zu Breslau, wie 50 Sek. nach dem Erlöschen dieser berechneten Feuerkugel eine zweite südlicher die Atmosphäre durcheilte. Herr Lehrer Leeder in Wigandsthal beobachtete an demselben Abend 3 andere Feuerkugeln, die erste am südwestl. Himmel, von S. nach N. ziehend, die zweite am nordwestl. Himmel von NW. nach SO. ziehend, und die dritte ebendaselbst von W. nach O. In Landeshut wurden 2 Feuerkugeln gesehen. Aus Leipzig wird berichtet: Waren erst schon einzelne Sternschnuppen sichtbar, so folgte nun ein förmlicher Regen dieser Meteore, sie gingen meist vom Bären, Perseus und Drachen aus und durchfurchten den Himmel nach jeder Richtung.

Es scheint daher nach diesen Berichten, dafs die hier berechneten Dezember-Meteore wahrscheinlich nicht ganz isoliert waren, sondern vielleicht als zugehörig zu gewissen Meteorschauern zu

betrachten sind, von denen gerade mehrere in der ersten Hälfte des Dezembers als vorhanden nachgewiesen worden sind. In der That kommt der oben berechnete Radiationspunkt des Meteors vom 11. Dez. 1852

$$\alpha = 277^{\circ} \qquad \delta = +54^{\circ}$$

sehr nahe mit dem eines von Schmidt bestimmten November-stroms ($\alpha = 282^{\circ}$, $\delta = +57^{\circ}$) und mit einem nach Greg und Herschel von Nov. 23 bis Dez. 9 wirkenden Radianten ($\alpha = 291^{\circ}$ $\delta = +57^{\circ}$) überein, sowie auch Heis für Nov. 1 bis 15 einen fast gleichen Radianten ($\alpha = 279^{\circ}$, $\delta = +56^{\circ}$) fand. (Observatory, Vol. I, p. 227.)

Für das zweite oben berechnete Meteor vom 3. Dez. 1861 wurde der Radiationspunkt

$$\alpha = 22^{\circ} \qquad \delta = +67^{\circ}$$

gefunden, während nach Heis in der Zeit von Dez. 1 bis 15 ein Meteorstrom aus der Richtung ($\alpha = 21^{\circ}$, $\delta = +54^{\circ}$) in Wirksamkeit ist. Diese Radianten liegen sodann auch nur wenig entfernt von dem Radianten des Biela'schen Kometen, aufser dafs dessen Deklination um etwa 10° südlicher ist. Wenn man also eine gewisse grofse Breite des Stromes der verstreuten Kometen-Partikeln annimmt, so wird einesteils die lange Dauer dieser und mancher anderer Radianten (welche Heis und andere namhafte Beobachter behaupten) erklärlich, andernteils erscheint eine Zusammengehörigkeit vieler von den Meteoren in der ersten Hälfte des Dezembers mit dem Biela'schen Kometen nicht als unwahrscheinlich. Vergleicht man die oben für das Meteor vom 3. Dez. 1861 berechneten Bahnelemente

$$\pi = 111^{\circ} \qquad \Omega = 252^{\circ} \qquad i = 39^{\circ} \qquad \lg q \ 9{,}9237$$

mit denen des Biela'schen Kometen

$$\pi = 109^{\circ} \qquad \Omega = 246^{\circ} \qquad i = 13^{\circ} \qquad \lg q \ 9{,}9348,$$

so ist die Ähnlichkeit in der That eine auffallende. Nur die Neigung i ist stärker abweichend. Bei der teilweis grofsen Ungenauigkeit der für die Meteorbahn benutzten Beobachtungen würde indefs leicht eine derartige Änderung der angewandten Rechnungs-Grundlagen zulässig sein, dafs eine vollkommnere Übereinstimmung hergestellt werden könnte, ohne den Beobachtungen Gewalt anzuthun. Es ist namentlich daran zu erinnern, dafs der aus den Beobachtungen geschlossene Endpunkt des Meteors wahrscheinlich zu hoch gefunden worden ist.

Auf das Vorkommen von zahlreichen Meteoren und Aerolithenfällen in der ersten Hälfte des Dezember und deren möglichen Zusammenhang mit dem Biela'schen Kometen ist übrigens schon früher, namentlich von d'Arrest hingewiesen worden. Derselbe schreibt in Band 69 der Astronomischen Nachrichten Seite 7: „The fall of aerolites in the beginning of the month of December

is also deserving of notice, sagt Humboldt in seinem Kosmos (engl. Übersetzung), nachdem schon Quetelet im Jahre 1841 auf die Dezember-Periode aufmerksam gemacht hatte. Es ist deshalb auffallend, dafs man einige ausgezeichnete Meteorfälle um den 6. und 7. Dezember herum noch nicht mit der zu derselben Zeit stattfindenden Passage der Erde durch die Biela-Bahn in Verbindung gesetzt hat". Es werden dann namentlich mehrere reiche Sternschnuppenfälle angeführt, welche auf die Tage vom 5. bis 7. Dez. trafen. — Einen zweifellosen Zusammenhang mit dem Biela'schen Kometen haben seit jener Zeit die beiden grofsen Sternschnuppen-Erscheinungen vom 27. Nov. 1872 und vom 27. Nov. 1885 gezeigt.

Sobald indefs eine periodische Wiederkehr solcher Meteor-Erscheinungen nachgewiesen ist oder angenommen wird, sei es im Zusammenhange mit bekannten periodischen Kometen oder nicht, so können die Bahnen dieser Meteore immer nur Ellipsen sein, und die bei den genauer berechneten hellen Meteoren gefundenen Hyperbeln weisen diesen Meteoren entweder eine besondere Stellung unter den übrigen an (wie schon oben erörtert ist), oder es wirken in diesem Falle noch besondere bisher unbekannte Ursachen auf die Grundlagen der Berechnung ein. Es wird für jetzt dahingestellt bleiben müssen, welche von beiden Annahmen die richtige ist. Inzwischen haben die beiden hier berechneten Meteore zwei weitere Beispiele in dem Sinne der hyperbolischen Bewegung hinzugefügt. Was etwa zu Gunsten der einen oder der andern Ansicht gesagt werden kann, findet man in dem Schiaparelli'schen Werke über die Theorie der Sternschnuppen S. 217 u. folg., wo diese die hyperbolischen Bahnen betreffenden Fragen so ausführlich erörtert sind, als es die bisherigen Erfahrungen und Rechnungsergebnisse gestatten. —

Berichtigung.

In meiner Abhandlung: „Über die Bahnen der am 11. Dezember 1852 und am 3. Dezember 1861 in Deutschland beobachteten hellen Meteore" ist bei der Kosmischen Bahn des zweiten dieser Meteore (in Folge eines Zeichenfehlers) die Durchgangszeit durch das Perihel T irrtümlich mit Nov. 12,92 angegeben, während es Dez. 23,66 heifsen mufs. Obwohl um diese Durchgangszeit bei einem mit der Erde zusammentreffenden Meteor für die Vergleichung mit andern Meteoren meist ohne ein besonderes Interesse ist, so möchte ich doch nicht unterlassen, diese anzubringende Berichtigung hierdurch anzuzeigen.

B Buszczynski.

Berichtigung.

In meiner Abhandlung: „Über die Bahnen der am 11. Dezember 1852 und am 2. Dezember 1861 in Deutschland beobachteten hellen Meteore" [illegible] der Kometenbahn [illegible] der zweiten dieser Meteore [illegible] (Druckfehler) die Durchgangszeit durch das Perihel [illegible] Nov. 12.32 angegeben, während [illegible]. Obwohl nun diese Durchgangszeit bei [illegible] zusammen [illegible] für die Vergleichung mit anderen Meteoren [illegible] ein besonderes Interesse ist, so möchte ich doch nicht unterlassen, [illegible] Berichtigung [illegible] anzuzeigen.

D. Brzezinski.